

気象衛星画像と乱気流

土 屋 喬*

1. はじめに

気象衛星は乱気流と密接に関連する雲を観測することができるので、気象衛星画像を航空機の安全航行上不可欠な乱気流域の探知や予測に利用できると言われている。気象衛星により通常観測される雲のうち乱気流と密接に関連しているのは、主として以下の雲である (Anderson et al, 1969):

- (1) 低気圧性じょう乱に伴う雲の渦巻
- (2) 前線帯に伴う雲バンド
- (3) ジェット気流軸の存在を示唆するジェット絹雲
- (4) 山岳波に伴う波状雲
- (5) 活発な対流活動を示す対流雲

乱気流の水平スケールは一般に小さく、乱気流の飛行物体への影響の及ぼし方やその程度は、乱気流の原因とその強さ、飛行物体の種類や機種など多くの要因に依存する (Reiter, 1969)。しかし、前述した雲の存在は乱気流発生の高率が高い領域を示すとみなせるので、そのような場を衛星画像で識別できることの意義は大きい。

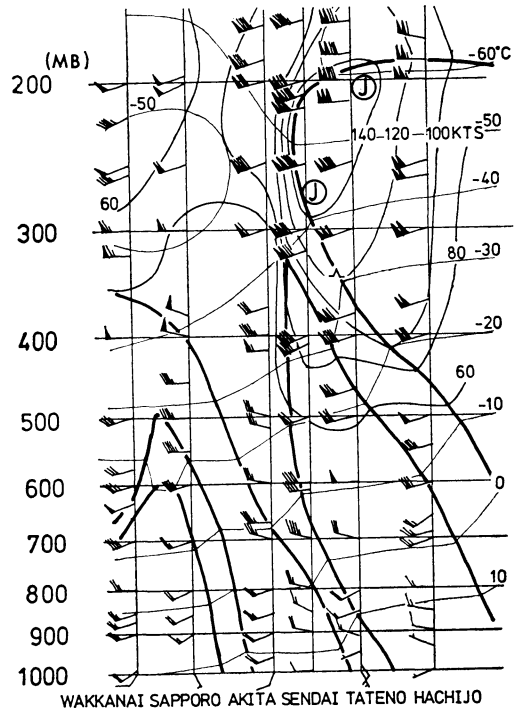
ここでは、東京航空地方気象台と新東京航空地方気象台で、それぞれ昭和53年の4・5月および5~7月の期間に得た並以上の乱気流(一部悪天を含む)遭遇報告に基づき、前述の雲とこれらの現象との関係を示す。前述の雲の存在は乱気流発生の可能性が大きい場を示唆しているとみなすと、航空機の乱気流(悪天)遭遇時刻は衛星画像の撮像時刻と必ずしも一致する必要はない。雲と乱気流(悪天)遭遇の時空間対応が特に問題になり易い対流雲の例でも同様に扱うことにする。以下の事例では、撮像時刻から±3時間以内に航空機が遭遇した乱気流(悪天)について考察する。なお、前述の雲のうち(1)と(2)の雲域の主要な部分は、(3)~(5)の雲で構成される場合が多いので省略する。ジェット気流軸の

走向は、新東京航空地方気象台予報課の解析による250mb等圧面の強風軸を参考にした。

2. 実際例

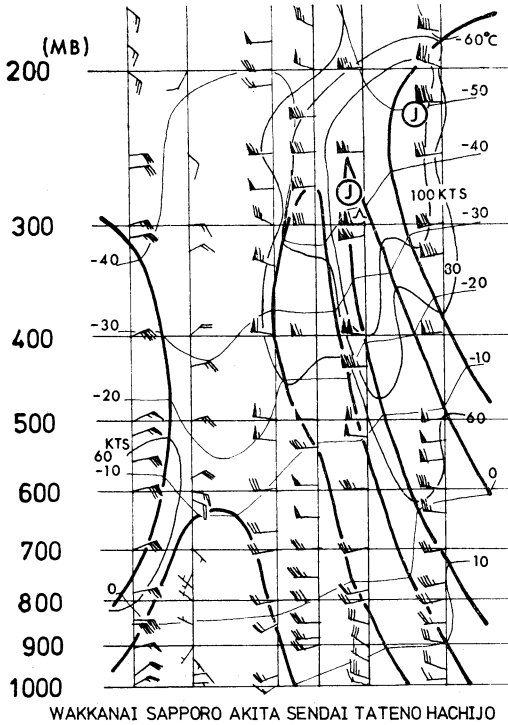
2.1. ジェット絹雲に伴う乱気流

口絵第1図(a)に示す筋状の薄い雲はジェット絹雲の一種で昭和53年5月4日06Zに仙台付近から佐渡島付



第5図 東経140度に沿う鉛直断面図(昭和53年5月4日00Z)。①はジェット軸。太線は転移帯の境界または圏界面、中太線と細線はそれぞれ等風速線と等温線。↖はジェット軸に相対的にみた航空機の乱気流遭遇推定位置。

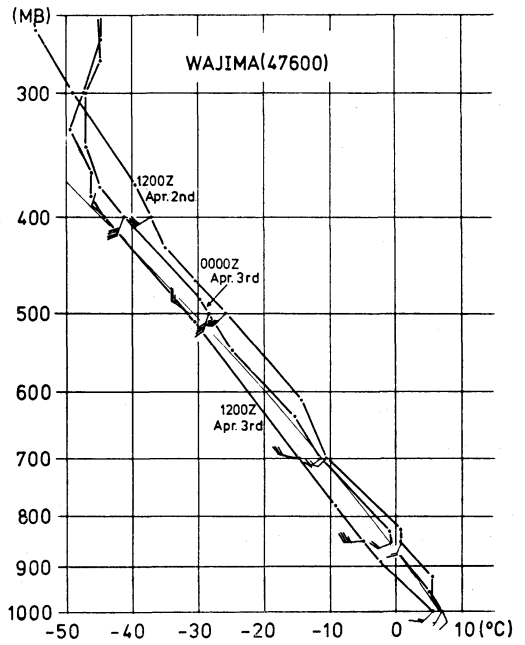
* T. Tsuchiya, 気象衛星センター解析課。



第6図 東経140度に沿う鉛直断面図(昭和53年5月31日00Z)。記号その他は第5図に同じ。

近にかけて観測されたものである。このジェット網雲は口絵第1図(b)のような変化をした。これに対応する東経140度のジェット軸は00Zで仙台・館野間にあり(第5図)、12時間後の断面図解析とその他の気象資料(省略)から判断されるジェット軸の位置のその後の変化は、ジェット網雲と同様であった。この場合のジェット網雲とジェット軸の対応の良さから考えて、両者の相対位置関係が00Zから06Zにかけて大きくは変化しないと仮定すると、ジェット軸に相対的にみた航空機の乱気流遭遇位置はジェット軸に近い鉛直シアーの大きな場所と推定される(第5図)。この例のように、航空機はジェット網雲の近傍でしばしば乱気流に遭遇すると言われている。

口絵第2図(a)は、昭和53年5月12日18Zに観測された別の例である。カムチャッカ半島の南の雲域は、口絵第2図(b)の南側の強風軸に沿って移動した低気圧性じょう乱に伴っている。雲域の北から西にかけての縁は比較的明瞭で、高気圧性の曲率を持つジェット網雲の一種である。この雲域の推移(省略)と口絵第2図(b)のジェット軸の時間変化を対比すると、撮影時には南側



第7図 輪島における状態曲線の時間変化(昭和53年4月2日12Z~3日12Z)。細線は湿潤断熱線。

のジェット軸は雲域の北から西にかけての縁に接近していたとみられる。赤外デジタルデータによれば、この雲域の雲頂における相当黒体温度は $-30 \sim -43^{\circ}\text{C}$ であり、高層の解析データから推定した雲頂高度は9,400~10,700mである。飛行高度からみて、航空機はジェット網雲内で強い乱気流に遭遇したことも考えられる。前例のような薄く疎なジェット網雲の場合よりも、本例のように雲量が多く濃密な場合には、航空機が遭遇する乱気流は強いと言われている。

2.2. 山岳波に伴う乱気流

口絵第3図は、昭和53年5月31日00Zに東北地方から近畿地方にかけて観測された波状雲である。航空機が乱気流に遭遇した高度は、関東以西の4例では周辺の山岳よりも若干高い高度があるいはそれ以下である。このような事実から、これらは山岳波による乱気流と考えられる。他の例(最も北)では、航空機の乱気流遭遇は波状雲域の上空約9,500mの高度においてであった。すなわち、この直下点近傍における雲頂高度は、衛星の赤外デジタルデータと仙台の高層データによれば、約4,500mである。航空機の乱気流遭遇位置をジェット軸に相対的に示すとジェット軸のごく近傍になる(第6図)。この

例ではジェット絹雲を伴ってはいない。一方、山脈の影響で対流圏上部から成層圏下部にも乱気流が発生するという理論的考察がある (Smith, 1977) が、本例との関係についての詳細な検討はまだなされていない。

2.3. 対流雲に伴う乱気流 (悪天)

口絵第4図は昭和53年4月3日06Zに観測された対流雲の例である。日本海中部と銚子沖に雲の渦巻がみられ、画像上の対流雲域の水平分布から推定すれば、先行する銚子沖のじょう乱の西側はすでに寒気場内にある。第7図によれば、この寒気のおおよその上限は2日12Zの700 mb から3日12Zの380 mb と次第に高くなっており、寒気の侵入が明瞭に示される。一方、条件付不安定層の上限は3日00Zに最も高く (第7図)、その6時間後に観測された関東以西の積乱雲 (口絵第4図) により、活発な対流活動が示唆される。航空機はこのような状況下にある積雲系の雲の中で乱気流 (悪天) に遭遇した。衛星画像でみる限り、口絵第4図に示したような活発な対流活動は2日2230Zにはすでに始まっており、季節風時の雲パターンに移行しつつある3日09Z頃まで持続した。衛星画像のこの時間変化は、第7図で示され

る寒気の侵入、条件付不安定層の増大、気層の安定化と良く対応している。本例のような活発な対流雲域や孤立した対流雲とその近傍では乱気流発生の可能性が極めて高い。

3. おわりに

気象衛星画像で通常観測される雲の中で、乱気流 (一部悪天を含む) と密接に関連する雲について4例のみを示した。興味深い例が他にもいくつか得られたが、それらは別の機会に譲ることとする。

文 献

- Anderson, R.K., J.P. Ashman, F. Bittner, G.R. Farr, E.W. Anderson, V.J. Oliver and A.H. Smith, 1969: Application of Meteorological Satellite Data in Analysis and Forecasting, ESSA Tech. Report NESC 51, Washington D.C.
- Reiter, E., 1969: Clear Air Turbulence and Its Detection (ed. Y.H. Pao and A. Goldberg), Proceeding of a Symposium on Clear Air Turbulence, Plenum Press, New York, 1-33.
- Smith, P.B., 1977: The Steepening of Hydrostatic Mountain Waves, J. Atm. Sci., 34, 1634-1654.